

OPTICAL COMMUNICATION DEVICE

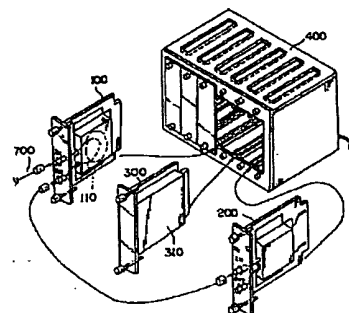
[71] Applicant: SUMITOMO ELECTRIC
IND LTD

[72] Inventors: KOYANO YASUSHI

[21] Application No.: JP08227052

[22] Filed: 19960828

[43] Published: 19980310



Retrieve text/document

[57] Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to execute optical amplification and wavelength dispersion compensation of signal light while maintaining the quality of a light signal by setting the ambient temp. of a wavelength dispersion compensation optical fiber at a specific temp.

SOLUTION: This device has openings for ventilation at its bottom plate and top plate and houses a wavelength dispersion compensation module 100, an optical amplifier module 200 and a thermal insulating module 300. The ambient temp. of a casing 400 is set nearly at a temp. T_0 . The thickness of the thermal insulating member 310 and the size of the openings for ventilation of the casing 400 are so set that the temp. T on the periphery of the wavelength dispersion compensation module 100 satisfies the equation $T - T_0 \leq (\leq M)MX / (L.(a.\leq OH + b))$ according to the calorific value at the optical amplifier module 200. In the equation, $(\leq W)MX$ is the permissible max. value of the difference from a light loss quantity at the reference service temp. T_0 ; L is the length of the wavelength dispersion compensation optical fiber, (a) , (b) are the constants determined by the kinds of the wavelength dispersion compensation optical fiber, $\leq OH$ is the light absorptivity per unit length relating to the light of a wavelength of $1.39 \leq m$ by a hydroxyl group at the reference service temp. T_0 .

JP10068834A

[51] Int'l Class: G02B00616 G02B00610

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-68834

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/16
6/10

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/16
6/10

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平8-227052

(22) 出願日

平成8年(1996) 8月28日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 小谷野 裕史

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

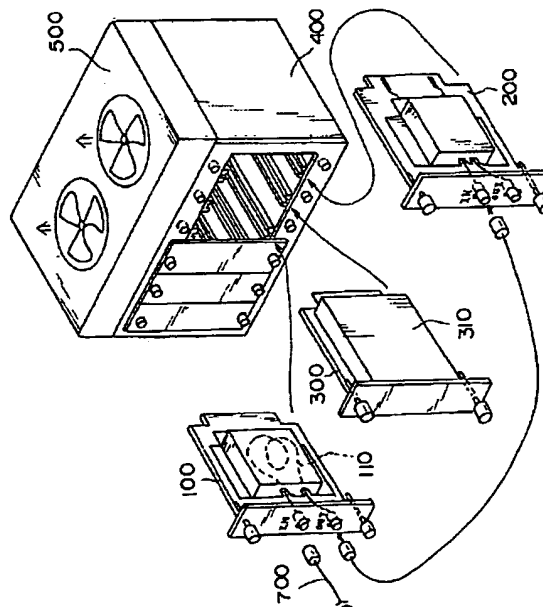
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光通信装置

(57) 【要約】

【課題】 光信号の品質を維持しつつ、光増幅機能と波長分散補償機能とを果たす光通信装置を提供する。

【解決手段】 波長分散補償光110ファイバの水酸基による、1.39 μ mの波長の光に関する光吸収率 α_{OH} に着目し、本発明者が得た光吸収率 α_{OH} と波長分散補償光ファイバでの光損失の温度計数とに関する知見に基づき、波長分散補償光ファイバ110の周囲温度をファンユニット500などの温度制御手段によって制御する。この温度状態で、光信号を波長分散補償器モジュール100および光増幅器モジュール200を経由させることにより、光信号の品質を維持しつつ、信号光の光増幅と波長分散補償とを実行する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1. 55 μ m帯の波長域の信号光に関して、第1の値の波長分散値を有する光ファイバ伝送路から信号光を入力し、波長分散値を低減して出力する光通信装置であって、

前記第1の値と逆の符号の第2の値の波長分散値を有し、基準使用温度 T_0 における、水酸基による1.39 μ mの波長の光に関する単位長さ当たりの光吸収率 α_{OH} が計測された、石英ガラスを主材とする波長分散補償光ファイバを備える波長分散補償器と、増幅用エネルギーを発生する励起手段を備え、入力光を増幅して出力する光増幅器と、

前記波長分散補償器と前記光増幅器とを収納する筐体と、

前記分散補償光ファイバの周囲の温度 T が、

$$T - T_0 \leq (\Delta M)_{\max} / (L \cdot (a \cdot \alpha_{OH} + b))$$

ここで、 $(\Delta M)_{\max}$ ：基準使用温度 T_0 での光損失量との差の許容最大値

L ：波長分散補償光ファイバの長さ

a 、 b ：波長分散補償光ファイバの種類で決まる定数を満たす温度に設定された分散補償光ファイバを設置するための温度領域と、

を備えることを特徴とする光通信装置。

【請求項2】 前記光増幅器は、入力した光を伝搬するコアに希土類元素が添加された増幅用光ファイバを備えるとともに、前記励起手段は、前記増幅用光ファイバに励起光を供給する、ことを特徴とする請求項1記載の光通信装置。

【請求項3】 前記波長分散補償光ファイバは、石英ガラスを主材とし、ゲルマニウムが添加されたコア部を備え、

$$a = 1.9 \times 10^{-5} \text{ | } 1 / ^\circ\text{C} \text{ |}, b = 7.0 \times 10^{-5} \text{ | dB/km/} ^\circ\text{C} \text{ |}$$

であることを特徴とする請求項1記載の光通信装置。

【請求項4】 前記波長分散補償器と前記励起手段との間の距離は、前記温度領域の温度 T が

$$T = (\Delta M)_{\max} / (L \cdot (a \cdot \alpha_{OH} + b)) + T_0$$

となる所定距離以上である、ことを特徴とする請求項1記載の光通信装置。

【請求項5】 前記励起手段または波長分散補償光ファイバの周辺の前記筐体内の雰囲気気を強制換気する換気手段を更に備える、ことを特徴とする請求項1記載の光通信装置。

【請求項6】 前記波長分散補償器と前記励起手段との間に配設された断熱部材を更に備える、ことを特徴とする請求項1記載の光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ伝送路における、1.55 μ m帯の波長の信号光の伝送にあ

って、波長分散を低減する光通信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ伝送路として、石英系光ファイバが多用されている。こうした伝送用の石英系光ファイバは、1.3 μ m帯の波長帯域において波長分散が最適化されている。一方、石英系光ファイバの伝送損失は波長が1.55 μ m帯で最小となる。

【0003】近年、長距離伝送の観点から、波長が1.55 μ m帯での光伝送が注目されているが、既存の1.3 μ m帯の波長帯域において波長分散が最適化され光ファイバで、1.55 μ m帯の波長の光を伝送すると大きな波長分散が発生する。

【0004】そこで、伝送路における波長分散を補償するために、伝送用光ファイバと逆極性の波長分散を有する分散補償光ファイバを用いた波長分散補償器が使用されている。

【0005】一方、分散補償ファイバは、一般に伝送損失が大きい。このため、好適な光強度の信号を得るために、分散補償光ファイバを用いた波長分散補償器に光増幅器を組合せた光通信装置が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記のような光通信装置では、光増幅器として、希土類元素が添加された増幅用光ファイバが好適に使用されるが、増幅用光ファイバに増幅作用を持たせるにあたって、励起光源が必須である。この励起光源にはレーザ光源が使用されるが、こうした励起光源は発熱源であり、光増幅器周囲は70℃程度にまで上昇する。したがって、光通信装置を構成するにあたって、単純に光増幅器と、通常は波長分散補償光ファイバを金属筐体に収納した波長分散補償器とを組合せると、光増幅器の発熱により、波長分散補償ファイバの環境温度が70℃程度にまで上昇することがある。この結果、波長分散補償ファイバの環境温度の変化による光伝送損失の変動が発生し、光信号の品質に悪影響を及ぼす。

【0007】一方、光ファイバの伝送損失が温度依存性を示すことは周知である。そして、光ファイバの伝送損失を許容値以下とするには、各光ファイバについて個別に、伝送損失の温度依存性を計測し、計測結果に基づいて温度を制御すればよい。

【0008】しかし、各光ファイバについて個別に、伝送損失の温度依存性を計測することは、非常に手間のかかる作業であり、最終的には光通信装置の生産性の悪さに結び付くことになる。

【0009】本発明は、上記を鑑みてなされたものであり、光信号の品質を維持しつつ、光増幅機能と波長分散補償機能とを果たす光通信装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の光通信装置は、1.55 μm 帯の波長域の信号光に関して、第1の値の波長分散値を有する光ファイバ伝送路から信号光を入力し、波長分散値を低減して出力する光通信装置であって、(a)第1の値と逆の符号の第2の値の波長分散値を有し、基準使用温度 T_0 における、水酸基による1.39 μm の波長の光に関する単位長さ当たりの光吸

$$T - T_0 \leq (\Delta M)_{\text{MAX}} / (L \cdot (a \cdot \alpha_{\text{OH}} + b)) \quad \dots (1)$$

ここで、 $(\Delta M)_{\text{MAX}}$ ：基準使用温度 T_0 での光損失量との差の許容最大値

L：波長分散補償光ファイバの長さ

a, b：波長分散補償光ファイバの種類で決まる定数を満たす温度に設定された分散補償光ファイバを設置するための温度領域とを備えることを特徴とする。

【0011】研究の結果として得られた本発明者の知見によれば、1.55 μm 帯の波長の光について、一般の伝送用光ファイバとは逆の符号の波長分散を有する、石

$$(\partial \alpha_{1.55}(T) / \partial T) = a \cdot \alpha_{\text{OH}} + b \quad \dots (2)$$

ここで、 $\alpha_{1.55}(T)$ ：波長が1.55 μm 帯の信号光の光損失率

T：温度

α_{OH} ：水酸基による光吸収率

$$a \approx 1.9 \times 10^{-5} [1/^\circ\text{C}], b \approx 7.0 \times 10^{-5} [\text{dB/km}/^\circ\text{C}]$$

である。

【0014】(2)式より、波長分散補償光ファイバの

$$\begin{aligned} M(T) &= ((\partial \alpha_{1.55}(T) / \partial T) \cdot T + C) \cdot L \\ &= (a \cdot \alpha_{\text{OH}} + b) \cdot T + C \cdot L \quad \dots (3) \end{aligned}$$

と表すことができる。したがって、温度Tにおける光損失量M(T)と基準使用温度 T_0 における光損失量M

$$\begin{aligned} \Delta M &= M(T) - M(T_0) \\ &= (a \cdot \alpha_{\text{OH}} + b) \cdot (T - T_0) \cdot L \quad \dots (4) \end{aligned}$$

となる。

【0015】(4)式より、要求される信号光の伝送品質に対して許容できる ΔM の最大値を $(\Delta M)_{\text{MAX}}$ とすると、(1)式を満たす温度Tに波長分散補償光ファイバの周囲温度が設定されていれば、同一強度の信号光は、波長分散補償光ファイバを経由した後に、最大でも $(\Delta M)_{\text{MAX}}$ の強度値の損失増加量に収る。

【0016】請求項1の光通信装置では、波長分散補償光ファイバの周囲の温度Tを、(1)式を満たす温度に設定するので、光増幅器が発熱しても、波長分散補償光ファイバの光損失量の変動が抑制され、光信号の品質を維持しつつ、光増幅と波長分散補償とが達成される。

【0017】請求項1の光通信装置では、(i)光路の上流側に波長分散補償器を配置し、光路の下流側に光増幅器を配置することも可能であるし、また、(ii)光路の上流側に光増幅器を配置し、光路の下流側に波長分散補償器を配置することも可能である。更に、単数の波長分散補償器と単数の光増幅器との構成に限らず、複数の波長分散補償器と単数の光増幅器との構成、単数の波長

収率 α_{OH} が計測された、石英ガラスを主材とする波長分散補償光ファイバを備える波長分散補償器と、(b)増幅用エネルギーを発生する励起手段を備え、入力光を増幅して出力する光増幅器と、(c)波長分散補償器と光増幅器とを収納する筐体と、(d)分散補償光ファイバの周囲の温度Tが、

石英ガラスを主材とする波長分散補償光ファイバでは、同一の製造ロット内では、光損失の温度依存性がほぼ同様であるとともに、光損失の温度依存性は、波長分散補償光ファイバの水酸基による1.39 μm の波長の光に関する光吸収率に大きく依存している。

【0012】そして、波長分散補償光ファイバでの、光損失の温度依存性と水酸基による1.39 μm の波長の光に関する光吸収率との関係は、

a, b：光ファイバの種類ごとの定数と表される。

【0013】なお、現在広く用いられている石英ベースの材料からなるコア部分にGeを添加した波長分散補償ファイバでは、

光損失量M(T)は、

分散補償器と複数の光増幅器との構成、または、複数の波長分散補償器と複数の光増幅器との構成とすることも可能である。

【0018】また、請求項1の光通信装置の光増幅器としては、(i)入力した光を伝搬するコアに希土類元素が添加された増幅用光ファイバと、(ii)増幅用光ファイバに励起光を供給する励起手段とを備える、光ファイバ増幅器を好適に採用できる。

【0019】請求項4の光通信装置は、請求項1の光通信装置において、波長分散補償器と励起手段との間の距離Dが、温度領域の温度Tが

$$T = (\Delta M)_{\text{MAX}} / (L \cdot (a \cdot \alpha_{\text{OH}} + b)) + T_0$$

となる所定距離 D_{MIN} 以上、すなわち、 $D \geq D_{\text{MIN}}$ であることを特徴とする。

【0020】請求項4の光通信装置では、波長分散補償器と励起手段との間の距離Dが、温度領域の温度Tが $T = (\Delta M)_{\text{MAX}} / (L \cdot (a \cdot \alpha_{\text{OH}} + b)) + T_0$ となる所定距離 D_{MIN} 以上に設定されるので、分散補償光ファイバの周囲の温度Tは、(1)式を満たす範囲で

維持される。したがって、この状態で、信号光が波長分散補償器および光増幅器を介することにより、光信号の品質を維持しつつ、光増幅と波長分散補償とが達成される。

【0021】請求項5の光通信装置は、請求項1の光通信装置において、励起手段または波長分散補償光ファイバの周辺の筐体内の雰囲気気を強制換気する換気手段を更に備えることを特徴とする。

【0022】請求項5の光通信装置では、強制換気を行う換気手段によって、筐体内が強制空冷される。そして、換気手段は、発熱源である光増幅器の空冷の用に供された後の加熱された雰囲気気を、筐体外部へ排出するので、波長分散補償器の周辺の雰囲気気は、光増幅器の発熱の影響が低減されている。したがって、光増幅器の発熱による波長分散補償器の周辺部の温度の変動が抑制され、波長分散補償器の周辺部の温度 T を(1)式を満たす範囲で維持する。この状態で、信号光が波長分散補償器および光増幅器を介することにより、光信号の品質を維持しつつ、光増幅と波長分散補償とが達成される。

【0023】請求項6の光通信装置は、請求項1の光通信装置において、波長分散補償器と励起手段との間に配設された断熱部材を更に備えることを特徴とする。

【0024】請求項6の光通信装置では、波長分散補償器を、断熱部材によって、発熱源である光増幅器で発生した熱から遮断している。したがって、光増幅器の発熱による波長分散補償器の周辺部の温度の変動が抑制され、波長分散補償器の周辺部の温度 T を(1)式を満たす範囲で維持する。この状態で、信号光が波長分散補償器および光増幅器を介することにより、光信号の品質を維持しつつ、光増幅と波長分散補償とが達成される。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の光通信装置の実施の形態を説明する。なお、図面の説明にあたって同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0026】(第1実施形態)図1は、本発明の第1実施形態の光通信装置の構成図である。図1に示すように、本実施形態の装置は、1.55 μm 帯の波長域の信号光に関して、波長分散値が負の値を有する光ファイバ伝送路700から信号光を入力し、波長分散値を低減して出力する光通信装置であって、(a)正の値の波長分散値を有し、基準使用温度 T_0 (本実施形態では20 $^{\circ}\text{C}$)における、水酸基による1.39 μm の波長の光に関する単位長さ当たりの光吸収率 α_{OH} が計測された、石英ガラスを主材とする波長分散補償光ファイバ110を備える波長分散補償器モジュール100と、(b)波長分散補償器モジュール100から出力された光を入力し、増幅して出力する光増幅器モジュール200と、

$$(\partial \alpha_{1.55}(T) / \partial T) = a \cdot \alpha_{\text{OH}} - b$$

ここで、 $\alpha_{1.55}(T)$:波長が1.55 μm 帯の信号光

(c)波長分散補償器モジュール100と光増幅器モジュール200との間に配設され、波長分散補償器モジュール100と光増幅器モジュール200との熱的な結合を抑制する断熱部材310を備える断熱モジュール300と、(d)底板と上板とに換気のための開口を有し、波長分散補償器モジュール100、光増幅器モジュール200、および、断熱モジュール300を収納する筐体400とを備える。

【0027】なお、本実施形態では、筐体400の周囲温度は、ほぼ温度 T_0 に設定されている。

【0028】また、断熱部材310の厚みや筐体400の換気用開口の大きさは、光増幅器モジュール200での発熱量に応じて、波長分散補償器モジュール100の周辺の温度 T が、(1)式を満たすように設定される。

【0029】図2は、光増幅器モジュール200の光増幅機能に着目した機能ブロック図である。図2に示すように、光増幅器モジュール200は、(i)端子241aから入力した光を端子241bから出力する光アイソレータ241と、(ii)光アイソレータ241を介した光を入力し、増幅する増幅用光ファイバ210と、(iii)増幅用光ファイバ210へ供給する励起光を発生する励起光源220と、(iv)増幅用光ファイバ210から出力された光を端子230aから入力し、端子230bから出力するとともに、端子230cから入力した励起光を端子230aから出力する光カプラ230と、(v)光カプラ230の端子230bから出力された光を端子242aから入力し、端子242bから出力する光アイソレータ242とを備える。

【0030】研究の結果として得られた本発明者の知見によれば、1.55 μm 帯の波長の光について、一般の伝送用光ファイバとは逆の符号の波長分散を有する、石英ガラスを主材とする波長分散補償光ファイバでは、同一の製造ロット内では、光損失の温度依存性がほぼ同様であるが、図3に示すように、製造ロットが異なると、光損失の温度依存性が大きく異なる。

【0031】また、本発明者が得た知見によれば、光損失の温度依存性は、波長分散補償光ファイバの水酸基による1.39 μm の波長の光に関する光吸収率に大きく依存している。

【0032】図4は、石英ガラスを主材とし、コア部分にGeが添加された波長分散補償ファイバ110の波長が1.55 μm の光に関する光損失の温度依存性(単位長さ(1km)当たりの光損失の温度計数)と、波長分散補償光ファイバ110の水酸基による1.39 μm の波長の光に関する光吸収率 α_{OH} (単位長さ(1km)当たりの1.39 μm の波長の光に関する光吸収率)との関係を示すグラフである。

【0033】図4から、

$$\dots (2)$$

の光損失率

T : 温度

α_{OH} : 水酸基による光吸収率

a, b : 光ファイバの種類ごとの定数と表されることが確認される。

【0034】そして、

$a \approx 1.9 \times 10^{-5} |1/^\circ\text{C}|$, $b \approx 7.0 \times 10^{-5} |dB/km/^\circ\text{C}|$

である。

【0035】なお、波長分散補償光ファイバ110の α_{OH} は、図5に示す、温度 T_0 における波長分散補償光ファイバ110の $1.39\mu\text{m}$ の波長の光に関する光吸収率 A_{OH} を波長分散補償光ファイバ110の長さで割ることにより得られる。

【0036】本発明の光通信装置では、波長分散補償器モジュール100と光増幅器モジュール200との間に配設された断熱モジュール300が、波長分散補償器モジュール100と光増幅器モジュール200との熱的な結合を抑制するとともに、光増幅器モジュール200で発生した熱は、筐体400の開口による換気によって筐体400から放出されるので、波長分散補償器モジュール100の周囲温度 T について、 $(T-T_0)$ の値が有効に抑制される。

【0037】したがって、波長分散補償光ファイバ110の水酸基による $1.39\mu\text{m}$ の波長の光に関する光吸収率 α_{OH} の計測値という、事前に測定が容易な値をパラメータとして、波長分散補償光ファイバ110の周辺温度を制御することにより、光信号の品質を維持しつつ、信号光の光増幅と波長分散補償とを実行することができる。

【0038】すなわち、本実施形態の光通信装置によれば、(1)式を満足する波長分散補償器モジュール100の周囲温度 T を実現することができる。この結果、光信号の品質を維持しつつ、信号光の光増幅と波長分散補償とが実行される。

【0039】(第2実施形態)図6は、本発明の第2実施形態の光通信装置の構成図である。図6に示すように、本実施形態の装置は、第1実施形態と比べて、(e)筐体400内の雰囲気気を吸入し、外部へ放出するファンユニット500を更に備える点が異なる。

【0040】また、断熱部材310の厚み、筐体400の換気用開口の大きさ、および、ファンユニット500の換気能力は、光増幅器モジュール200での発熱量に応じて、波長分散補償器モジュール100の周辺の温度 T が、(1)式を満たすように設定される。

【0041】本実施形態の光通信装置では、第1実施形態での自然空冷に代えて、ファンユニット500による強制空冷を行う。そして、この強制空冷に伴う、温度が上昇した筐体400内の雰囲気は、波長分散補償器モジュール100の周辺を經由しない。したがって、波長分散補償器モジュール100と光増幅器モジュール200

との熱的な結合が更に抑制され、波長分散補償器モジュール100の周囲温度 T について、 $(T-T_0)$ の値が更に有効に抑制される。

【0042】したがって、第1実施形態と同様に、波長分散補償光ファイバ110の水酸基による $1.39\mu\text{m}$ の波長の光に関する光吸収率 α_{OH} の計測値という、事前に測定が容易な値をパラメータとして、波長分散補償光ファイバ110の周辺温度を制御することにより、光信号の品質を維持しつつ、信号光の光増幅と波長分散補償とを実行することができる。

【0043】すなわち、本実施形態の光通信装置によれば、(1)式を満足する波長分散補償器モジュール100の周囲温度 T を実現することができる。この結果、光信号の品質を維持しつつ、信号光の光増幅と波長分散補償とが実行される。

【0044】本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく変形が可能である。例えば、上記実施形態では、厚い断熱部材を使用した筐体の実装する断熱モジュールで、波長分散補償器モジュールと光増幅器モジュールとの熱的な結合を抑制したが、光増幅器モジュールの発熱量によっては、波長分散補償器モジュールまたは光増幅器モジュールに薄い断熱部材を張り付けることによっても熱的な結合を有効に抑制することが可能である。更に、光増幅器モジュールの発熱量によっては、断熱部材を使用せず、波長分散補償器モジュールと光増幅器モジュールとの距離を大きくとることによっても、波長分散補償器モジュールと光増幅器モジュールとの熱的な結合を有効に抑制することも可能である。

【0045】また、本発明の光通信装置では、上記実施形態のように、光路の上流側に波長分散補償器を配置し、光路の下流側に光増幅器を配置することも可能であるし、また、光路の上流側に光増幅器を配置し、光路の下流側に波長分散補償器を配置することも可能である。更に、単数の波長分散補償器と単数の光増幅器との構成に限らず、複数の波長分散補償器と単数の光増幅器との構成、単数の波長分散補償器と複数の光増幅器との構成、または、複数の波長分散補償器と複数の光増幅器との構成とすることも可能である。

【0046】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明の光通信装置によれば、波長分散補償光ファイバの水酸基による、 $1.39\mu\text{m}$ の波長の光に関する光吸収率 α_{OH} に着目し、本発明者が得た光吸収率 α_{OH} と波長分散補償光ファイバでの光損失の温度係数とに関する知見に基づき、波長分散補償光ファイバの周囲温度を制御するので、光信号の品質を維持しつつ、信号光の光増幅と波長分散補償とを実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の光通信装置の構成図である。

【図2】図1の光増幅モジュール200の光増幅機能に関するブロック図である。

【図3】製造ロットによる、波長分散補償光ファイバの光損失変動の温度依存性の相違を示すグラフである。

【図4】波長分散補償光ファイバ110の光損失の温度依存性（光損失の温度計数）と、波長分散補償光ファイバ110の水酸基による1.39 μ mの波長の光に関する光吸収率 α_{OH} との関係を示すグラフである。

【図5】波長分散補償ファイバ110の光損失の波長依

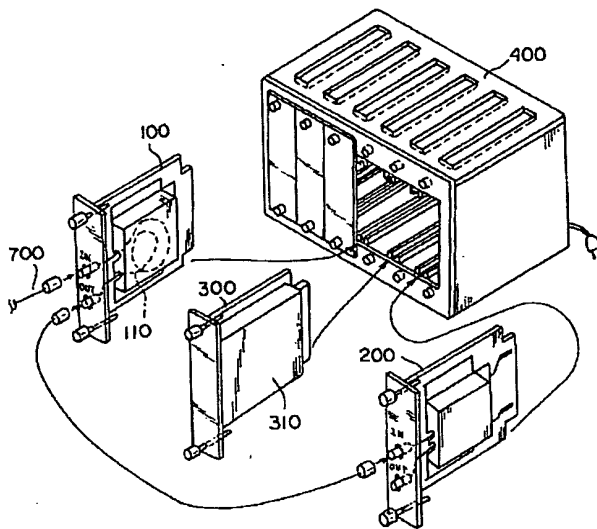
存性を示すグラフである。

【図6】本発明の第2実施形態の光通信装置の構成図である。

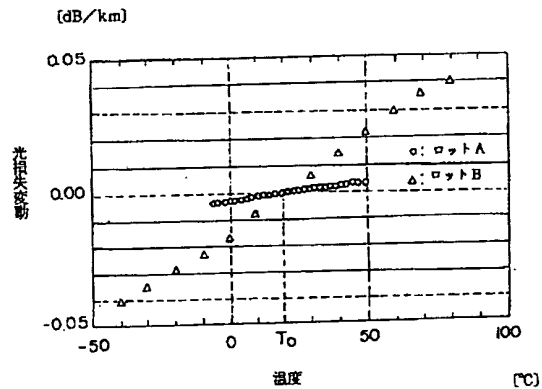
【符号の説明】

100…波長分散補償器モジュール、110…波長分散補償光モジュール、200…光増幅器モジュール、300…断熱モジュール、310…断熱材、400…筐体、500…ファンユニット。

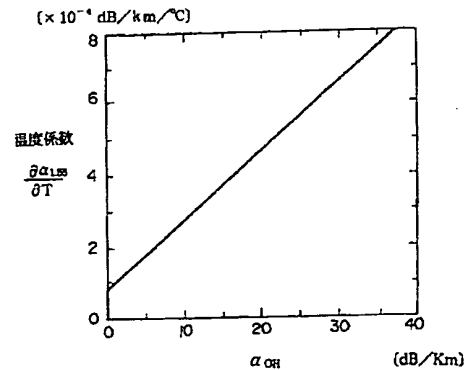
【図1】



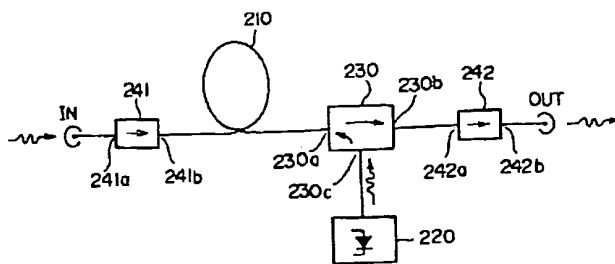
【図3】



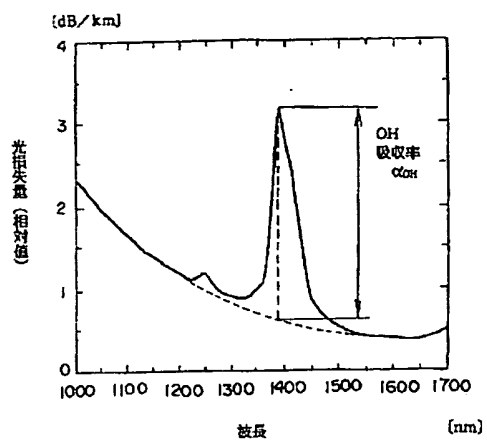
【図4】



【図2】



【図5】



【図6】

